

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11236262 A**

(43) Date of publication of application: **31 . 08 . 99**

(51) Int. Cl.

C04B 35/195
H01L 21/68
// H01L 21/205

(21) Application number: **10040811**

(22) Date of filing: **23 . 02 . 98**

(71) Applicant: **KYOCERA CORP**

(72) Inventor: **SATO MASAHIRO**
SECHI HIROHISA

(54) **LOW THERMAL EXPANSION CERAMIC
STRUCTURAL MEMBER AND MEMBER FOR
SEMICONDUCTOR DEVICE PRODUCING
APPARATUS USING THE SAME**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a low thermal expansion and high rigidity ceramic structural member suitable for a member for a semiconductor device producing apparatus capable of precisely producing a precise circuit board.

SOLUTION: The ceramic structural member is based on a cordierite crystal phase, contains 0.5-10 wt.%

(expressed in terms of oxide) at least one selected from the group of the groups IIa, IIIb and IVb elements of the Periodic Table with the exception of Mg, Al and Si, further contains a silicate compd. crystal phase contg. groups IIa and IIIb elements and an aluminum silicate crystal phase, optionally contains ≤ 20 wt.% (expressed in terms of oxide) rare earth element and ≤ 30 wt.% silicon nitride, silicon carbide, silicon oxynitride, etc., and has ≥ 30 GPa relative density, $\leq 0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ coefft. of thermal expansion at room temp. and ≥ 130 GPa Young's modulus.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-236262

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月31日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	F I
C 0 4 B 35/195		C 0 4 B 35/16 A
H 0 1 L 21/68		H 0 1 L 21/68 N
// H 0 1 L 21/205		21/205

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-40811

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月23日

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田烏羽殿町 6 番地

(72) 発明者 佐藤 政宏

鹿児島県国分市山下町 1 番 4 号 京セラ株式会社総合研究所内

(72) 発明者 瀬知 啓久

鹿児島県国分市山下町 1 番 4 号 京セラ株式会社総合研究所内

(54) 【発明の名称】 低熱膨張セラミックス構造部材およびそれを用いた半導体素子製造装置用部材

(57) 【要約】

精密な配線回路を精度よく製造できる半導体素子製造装置用部材に適した低熱膨張、高剛性を有するセラミックス構造部材を得る。

【解決手段】 コージェライト結晶相を主体とし、周期律表第 2 a、3 b および 4 b 族元素の群 (但し、Mg、Al および Si を除く。) から選ばれる少なくとも 1 種を酸化物換算で 0.5 ~ 10 重量% 含み、さらに前記第 2 a および 3 b 族元素を含有するシリケート化合物結晶相やアルミニウムシリケート結晶相を含み、希土類元素を酸化物換算で 20 重量% 以下の割合で含有し、さらに窒化珪素、炭化珪素、酸窒化珪素等を 30 重量% 以下含有する相対密度が 130 GPa 以上、室温熱膨張率 $0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 以下、ヤング率 130 GPa 以上の低熱膨張セラミックス構造部材を得る。

1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 コージェライト結晶相を主体とし、周期律表第 2 a、3 b および 4 b 族元素の群（但し、Mg、Al および Si を除く。）から選ばれる少なくとも 1 種を酸化物換算で 0.5 ~ 10 重量% 含み、相対密度が 95 重量% 以上、室温での熱膨張率が $0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 以下、ヤング率が 130 GPa 以上の低熱膨張セラミックス構造部材。

【請求項 2】 前記周期律表第 2 a および 3 b 族元素の群から選ばれる少なくとも 1 種の元素を含有するシリケート化合物結晶相、あるいはアルミニウムシリケート結晶相を含むことを特徴とする請求項 1 記載の低熱膨張セラミックス構造部材。

【請求項 3】 希土類元素を酸化物換算で 20 重量% 以下の割合で含有する請求項 1 記載の低熱膨張セラミックス構造部材。

【請求項 4】 窒化珪素、炭化珪素、酸窒化珪素の中から選ばれる少なくとも 1 種を 30 重量% 以下の割合で含有する請求項 1 記載の低熱膨張セラミックス構造部材。

【請求項 5】 前記請求項 1 乃至請求項 4 のうちのいずれか 1 つの低熱膨張セラミックス構造部材からなる半導体素子製造装置用部材。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、真空装置構造体、サセプタ、静電チャック、真空チャックまたはステッパなどの半導体製造プロセスにおける製造装置用部材に適したコージェライトを主体とする低熱膨張セラミックス構造部材およびそれを用いた半導体素子製造装置用部材に関する。

【0002】

【従来技術】 従来より、コージェライト系統結体は、低熱膨張のセラミックス構造部材として知られており、フィルター、ハニカム、耐火物などに応用されている。このコージェライト系統結体は、コージェライト粉末、あるいはコージェライトを形成する MgO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 粉末を配合して、これに焼結助剤として、希土類元素酸化物や、 SiO_2 、 CaO 、 MgO などを添加し、所定形状に成形後、 $1000^\circ\text{C} \sim 1400^\circ\text{C}$ の温度で焼結する事によって作製される。（特公昭 57-3629 号、特開平 2-229760 号）。

【0003】 一方、LSI などの半導体集積回路素子の製造工程において、シリコンウエハに微細配線を形成する工程において、ウエハを支持または保持するためのサセプタ、静電チャックや絶縁リング、シリコンウエハへの回路形成のための露光装置の XY テーブル、あるいはその他の各種半導体製造装置用の治具として、これまでに主にアルミナや窒化珪素などのセラミックスが比較的に安価で、化学的にも安定であるため広く用いられている。

2

【0004】 また最近では、コージェライトの低熱膨張性を利用し、コージェライト系統結体を半導体製造装置部品として応用することが、特開平 1-191422 号や、特公平 6-97675 号に提案されている。特開平 1-191422 号によれば、X 線マスクにおけるマスク基板に接着する補強リングとして、 SiO_2 、インバーなどに加え、コージェライトによって形成し、メンブレンの応力を制御することが提案されている。また、特公平 6-97675 号では、ウエハを載置する静電チャック用基板としてアルミナやコージェライト系統結体を使用することが提案されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 近年、LSI などにおける高集積化にともない、回路の微細化が急速に進められ、その回路の線幅もサブミクロンオーダーのレベルまで高集積化しつつある。そして、シリコンウエハに高精度回路を形成するための露光装置に対して高い精度が要求され、例えば露光装置のステージ用部材においては 100nm ($0.1\mu\text{m}$) 以下の位置決め精度が要求され、露光の位置合わせ誤差が製品の品質向上や歩留まり向上に大きな影響を及ぼしているのが現状である。

【0006】 半導体製造装置用として一般に用いられてきたアルミナ、窒化珪素などのセラミックスは、金属に比べて熱膨張率は小さいものの、 $10 \sim 40^\circ\text{C}$ の熱膨張率はそれぞれ、 $5.2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 、 $1.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ であり、雰囲気温度が 0.1°C 変化すると数 100nm ($0.1\mu\text{m}$) の変形が発生することになり、露光等の精密な工程ではこの変化が大きな問題となり、従来のセラミックスでは精度が低く、生産性の低下をもたらしている。

【0007】 これに対して、コージェライト系統結体は、熱膨張率が $0.2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 程度と、アルミナや窒化珪素に比較して熱膨張率が低く、上記のような露光精度に対する問題はある程度解決される。

【0008】 ところが、露光装置用ステージのように、シリコンウエハを載置した支持体が露光処理を施す位置まで高速移動を伴うような場合には、移動後の支持体自体が所定位置に停止後も振動しており、そのために、その振動した状態で露光処理を施すと露光精度が低下するという問題があった。これは露光によって形成する配線が細くなるほど顕著であり、高精度な配線回路を形成する上では致命的な問題となっていた。

【0009】 このような振動は、部材自体の剛性が低いことによって引き起こされるものであることから、これらの部材に対しては高い剛性、即ち高ヤング率が要求されている。

【0010】 従って、本発明の目的は、それ自体低熱膨張を有するとともに、高剛性を有する低熱膨張性を有する低熱膨張セラミックス構造部材を提供するにある。また、本発明の他の目的は、高集積回路素子などの半導体

50

素子を製造するための装置に適用され、精密な配線回路を精度よく製造することのできる半導体素子製造装置用部材を提供するにある。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、上記課題に対して鋭意研究を重ねた結果、コーゼライト結晶相を主相とするセラミックス中に、Mg、AlおよびSi以外の周期律表第2a、3bおよび4b族元素の群から選ばれる少なくとも1種を所定の比率で含有せしめることにより、熱膨張率を低下できるとともに、さらにヤング率を向上できることを見いだした。

【 0 0 1 2 】即ち、本発明は、コーゼライト結晶相を主体とし、周期律表第2a、3bおよび4b族元素の群（但し、Mg、AlおよびSiを除く。）から選ばれる少なくとも1種を酸化物換算で0.5～10重量%含み、相対密度が95%以上、室温での熱膨張率が $0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下、ヤング率が130GPa以上の低熱膨張セラミックス構造部材であり、特に、前記セラミックス中に、前記周期律表第2aおよび3b族元素の群から選ばれる少なくとも1種の元素を含有するシリケート化合物結晶相、あるいはアルミニウムシリケート結晶相を含むこと、希土類元素を酸化物換算で20重量%以下の割合で含有すること、窒化珪素、炭化珪素、酸窒化珪素の中から選ばれる少なくとも1種を30重量%以下の割合で含有することが望ましい。

【 0 0 1 3 】また、本発明によれば、上記低熱膨張セラミックス構造部材を半導体素子製造装置用部材として用いることにより、上記目的が達成される。

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】本発明におけるセラミック焼結体は、コーゼライト結晶相を主相とし、周期律表第2a、3bおよび4b族元素の群（但し、Mg、AlおよびSiを除く。）から選ばれる少なくとも1種を酸化物換算で0.5～10重量%、好ましくは2～8重量%の割合で含有することが重要である。

【 0 0 1 5 】周期律表第2a、3bおよび4b族元素の群（但し、Mg、AlおよびSiを除く。）から選ばれる少なくとも1種を添加することにより、単独では緻密化しにくいコーゼライトの焼結性を改善できる上、高ヤング率化、低熱膨張化を促進することができる。周期律表第2a、3bおよび4b族元素の群（但し、Mg、AlおよびSiを除く。）から選ばれる少なくとも1種の元素としては、Ca、Sr、Ba、B、Ge、In、Sn等が好適である。

【 0 0 1 6 】上記成分の含有量を上記のように限定したのは、周期律表第2a、3bおよび4b族元素の群（但し、Mg、AlおよびSiを除く。）から選ばれる少なくとも1種の酸化物換算量が0.5重量%未満では、焼結性の改善、高ヤング率、低熱膨張化の効果が期待できず、10重量%を超えると、熱膨張率が 0.5×10^{-6}

$/^{\circ}\text{C}$ を超えてしまい、本発明の目的に適さなくなるためである。

【 0 0 1 7 】本発明の低熱膨張セラミックス構造部材は、コーゼライト結晶相を主相とするものであるが、ヤング率を高める上では、周期律表第2aおよび3b族元素の群（但し、Mg、AlおよびSiを除く。）から選ばれる少なくとも1種（M）が、シリケート化合物結晶相、あるいはアルミニウムシリケート結晶相を形成していることが望ましい。具体的なシリケート化合物結晶相としては、 $\text{M}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ 、アルミニウムシリケート結晶相としては、 $\text{MAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 等が挙げられる。

【 0 0 1 8 】また、かかるセラミックス中には、希土類元素を酸化物換算で20重量%以下、特に、1～10重量%の割合で含有せしめることにより、さらに焼結性を改善でき、低温で高密度のセラミックスを得ることができる。用いる希土類元素としては、Y、Yb、Er、Sm、Dy等が挙げられ、これらは焼結体中に酸化物として結晶相の粒界に非晶質相もしくはシリケート結晶相として存在する。

【 0 0 1 9 】なお、希土類元素の酸化物換算量が20重量%を超えると、セラミックスの熱膨張率が熱膨張率が $0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ を超えてしまい本発明の目的に適さなくなる。

【 0 0 2 0 】本発明によれば、セラミックス中に、それ自体、高ヤング率を有する窒化珪素、炭化珪素および酸窒化珪素の群から選ばれる少なくとも1種を30重量%以下、特に10～20重量%の割合で含有せしめることにより、低熱膨張性を維持しつつ、さらに高ヤング率のセラミックス構造部材を得ることができる。

【 0 0 2 1 】これらの成分は、セラミックス中に結晶粒子として存在する。これらの中でも窒化珪素が最も効果的である。なお、酸窒化珪素とは、 $\text{Si}-\text{N}-\text{O}$ 系化合物であり、例えば $\text{Si}_3\text{N}_4\text{O}_2$ である。上記窒化珪素、炭化珪素、酸窒化珪素の合計量が30重量%を超えると、セラミックスの熱膨張率が熱膨張率が $0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ を超えてしまい、本発明の目的に適さなくなる。

【 0 0 2 2 】また、本発明のセラミックスは、相対密度が95%以上であることも重要である。これは、相対密度が95%よりも小さいと、130GPa以上の高ヤング率が達成されないためである。相対密度はさらに高いことが望ましく、96%以上、さらには97%以上であることがヤング率を高める上で望ましい。

【 0 0 2 3 】本発明における上記のような低熱膨張セラミックス構造部材を作製するには、平均粒径 $10\mu\text{m}$ 以下のコーゼライト粉末を主体とし、平均粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の周期律表第2a、3bおよび4b族元素の群（但し、Mg、AlおよびSiを除く。）から選ばれる少なくとも1種の化合物を酸化物に換算して0.5～10重量%の割合で添加する。化合物としては、酸化物、炭化

物、水酸化物、炭酸塩等いずれでもかまわない。

【0024】さらには、平均粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の希土類元素酸化物を 20 重量%以下、平均粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の窒化珪素、炭化珪素、酸窒化珪素の中から少なくとも 1 種を 30 重量%以下の割合で適宜配合した後、ボールミルなどにより十分混合し、所定の形状に所望の成形手段、例えば、金型プレス、冷間静水圧プレス、押し出し成形、鑄込み成形等に成形する。

【0025】その後、この成形体を $1200\sim 1500^{\circ}\text{C}$ 、特に $1300\sim 1400^{\circ}\text{C}$ の範囲で 1~10 時間程度焼結することにより緻密化する。また、焼成温度を上記のように限定したのは 1200°C より低いと、緻密体が得られず、 1500°C を超えると、溶解してしまうためである。

【0026】焼成にあたり、成形体中に窒化珪素、炭化珪素、酸窒化珪素等を含む場合は、これらの成分が酸化しないように窒素、アルゴン等の不活性ガス中で焼成することが望ましい。

【0027】また、周期律表第 2 a および 3 b 族元素の群 (但し、Mg、Al および Si を除く。) から選ばれる少なくとも 1 種のシリケート化合物結晶相、あるいはアルミニウムシリケート結晶相を析出させる上では、焼成温度から 1000°C までの降温過程を $300^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ 以下で徐冷することによって積極的に結晶相を析出させることができる。

【0028】なお、本発明の低熱膨張セラミックス構造部材は、優れた低熱膨張特性を維持しつつ、高い剛性、即ち、高ヤング率を有することから、低熱膨張特性が要求される各種産業機械用構造部材に好適に使用される。とりわけ、微細な回路を形成するためのウエハに露光処理を行うなどの半導体素子製造装置用部材、例えば、露

光装置用ステージや、光学系支持体などとして用いることにより、雰囲気温度変化に対しても寸法の変化がなく、優れた精度が得られるとともに、振動に伴う精度の低下をも防止することができ、半導体素子製造の品質と量産性を高めることができる。

【0029】また、本発明の低熱膨張セラミックス構造部材は、さらに、真空装置構造体、サセプタ、静電チャック、真空チャックまたはステッパーなどの半導体素子製造プロセスにおける各種構造部材としても使用することにより同様な効果が期待できる。

【0030】

【実施例】 コージェライト粉末 (平均粒径 $2\mu\text{m}$ 、BET 比表面積 $2\text{m}^2/\text{g}$) と、平均粒径 $1\mu\text{m}$ の表 1 に示す各種周期律表第 2 a、3 b および 4 b 族元素化合物、平均粒径が $0.6\mu\text{m}$ の窒化珪素、炭化珪素、酸窒化珪素粉末と、平均粒径が $1\mu\text{m}$ の各種の希土類元素酸化物粉末を用いて、表 1~4 に示す組成になるように調合後、 $1\text{t}/\text{cm}^2$ で金型成形した。そして、成形体を炭化珪素質の匣鉢に入れて表 1~4 の条件で焼成した。なお、試料 No. 3~6、11、15~20、23、32、33、35、38 については 1000°C まで $200^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ で徐冷し、その他は $500^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ の冷却速度で降温した。

【0031】得られた焼結体を研磨し、 $3\times 4\times 14\text{mm}$ の試料を作製した。これを用いて、アルキメデス法に基づき相対密度を算出し、さらに室温の熱膨張係数を測定した。また、超音波パルス法により、室温でのヤング率を測定した。また、X線回折測定を行い、コージェライト以外の結晶相を同定した。

【0032】

【表 1】

試料 No.	組成 ジョーライト	(重量%) 添加剤 注 1)	RE ₂ O ₃	他	焼成 温度 (°C)	相対 密度 (%)	熱膨張率 ×10 ⁻⁶ (/°C)	ヤング率 (GPa)	他 結晶相
* 1	100	—	—	—	1400	93	0.1	110	
* 2	99.98	CaCO ₃ 0.02	—	—	1400	94	0.2	115	
3	99	CaCO ₃ 1	—	—	1400	96	0.4	140	CaAl ₂ Si ₂ O ₈
4	97	CaCO ₃ 3	—	—	1400	98	0.2	140	CaAl ₂ Si ₂ O ₈
5	95	CaCO ₃ 5	—	—	1400	98	0.2	145	CaAl ₂ Si ₂ O ₈
6	95	CaO 5	—	—	1400	98	0.3	150	CaAl ₂ Si ₂ O ₈
7	92	CaCO ₃ 8	—	—	1400	99	0.3	155	
8	90	CaCO ₃ 10	—	—	1400	99	0.4	140	
* 9	88	CaCO ₃ 12	—	—	1400	99	0.6	140	
10	93	CaCO ₃ 5	Y ₂ O ₃ 2	—	1400	98	0.1	140	
11	90	CaCO ₃ 5	Y ₂ O ₃ 5	—	1400	99	0.3	155	CaAl ₂ Si ₂ O ₈
12	85	CaCO ₃ 5	Y ₂ O ₃ 10	—	1400	99	0.2	140	
13	75	CaCO ₃ 5	Y ₂ O ₃ 20	—	1400	99	0.4	145	
* 14	70	CaCO ₃ 5	Y ₂ O ₃ 25	—	1400	99	0.9	150	
15	93	CaCO ₃ 5	Yb ₂ O ₃ 2	—	1400	98	0.3	160	CaAl ₂ Si ₂ O ₈ Yb ₂ Si ₂ O ₇
16	90	CaCO ₃ 5	Er ₂ O ₃ 5	—	1400	99	0.3	165	CaAl ₂ Si ₂ O ₈

*印は本発明の範囲外の試料を示す。
注 1) 欄内の数字は、酸化物換算量である。

【 0 0 3 3 】

【表 2】

試料 No.	組成 J-サイト	(重量%) 添加剤	RE ₂ O ₃	他	焼成 温度 (°C)	相対 密度 (%)	熱膨張率 ×10 ⁻⁶ (/°C)	ヤング率 (GPa)	他 結晶相
*17	95	SrCO ₃ 5	—	—	1100	88	0.3	110	SrAl ₂ Si ₂ O ₈
18	95	SrCO ₃ 5	—	—	1250	95	0.2	140	SrAl ₂ Si ₂ O ₈
19	95	SrCO ₃ 5	—	—	1400	96	0.2	150	SrAl ₂ Si ₂ O ₈
20	95	SrCO ₃ 5	—	—	1450	99	0.4	140	SrAl ₂ Si ₂ O ₈
*21	95	SrCO ₃ 5	—	—	1550	溶 融			
22	93	SrCO ₃ 5	Y ₂ O ₃ 2	—	1400	99	0.3	130	
23	90	SrCO ₃ 5	Y ₂ O ₃ 5	—	1400	100	0.3	160	SrAl ₂ Si ₂ O ₈
24	90	SrCO ₃ 5	—	Si ₃ N ₄ 5	1400	97	0.3	170	
25	85	SrCO ₃ 5	—	Si ₃ N ₄ 10	1400	97	0.3	170	
26	65	SrCO ₃ 5	—	Si ₃ N ₄ 30	1400	95	0.4	180	
*27	55	SrCO ₃ 5	—	Si ₃ N ₄ 40	1400	92	1.0	160	
28	80	SrCO ₃ 5	Y ₂ O ₃ 5	Si ₃ N ₄ 10	1400	99	0.4	170	
29	75	SrCO ₃ 5	Yb ₂ O ₃ 5	Si ₃ N ₄ 15	1400	99	0.4	170	
30	85	SrCO ₃ 5	—	SiC 10	1400	97	0.4	175	
31	85	SrCO ₃ 5	—	Si ₂ N ₂ O ₁₀	1400	98	0.2	165	
32	95	BaCO ₃ 5	—	—	1400	96	0.1	145	BaAl ₂ Si ₂ O ₈
33	94	BaCO ₃ 5	Y ₂ O ₃ 1	—	1400	96	0.4	140	BaAl ₂ Si ₂ O ₈
34	87	BaCO ₃ 5	Y ₂ O ₃ 8	—	1400	99	0.5	145	
35	90	BaCO ₃ 5	—	Si ₃ N ₄ 5	1400	97	0.4	170	BaAl ₂ Si ₂ O ₈
36	85	BaCO ₃ 5	—	Si ₃ N ₄ 10	1400	98	0.4	170	

*印は本発明の範囲外の試料を示す。

【0034】

【表3】

試料 No.	組成 J-サイト	(重量%) 添加剤	RE ₂ O ₃	他	焼成 温度 (°C)	相対 密度 (%)	熱膨張率 ×10 ⁻⁶ (/°C)	ヤング率 (GPa)	他 結晶相
37	95	Ga ₂ O ₃ 5	—	—	1400	99	0.2	155	Ga ₂ Si ₂ O ₇
38	95	In ₂ O ₃ 5	—	—	1400	97	0.2	160	In ₂ Si ₂ O ₇
39	90	Ga ₂ O ₃ 5	Yb ₂ O ₃ 5	—	1400	98	0.4	160	
40	90	Ga ₂ O ₃ 5	—	Si ₃ N ₄ 5	1400	98	0.4	170	
*41	99.97	B ₂ O ₃ 0.03	—	—	1400	93	0.2	120	
42	99	B ₂ O ₃ 1	—	—	1400	95	0.4	135	
43	95	B ₂ O ₃ 5	—	—	1400	97	0.3	150	
44	92	B ₂ O ₃ 8	—	—	1400	99	0.5	140	
*45	88	B ₂ O ₃ 12	—	—	1400	99	0.6	130	
46	95	B ₄ C 5	—	—	1400	97	0.5	150	
47	90	B ₂ O ₃ 5	Yb ₂ O ₃ 5	—	1400	99	0.3	130	
48	90	B ₂ O ₃ 5	—	Si ₃ N ₄ 5	1400	98	0.4	160	

*印は本発明の範囲外の試料を示す。

【0035】

【表4】

試料 No.	組成 コージェライト	(重量%) 添加剤	RE ₂ O ₃	他	焼成 温度 (℃)	相対 密度 (%)	熱膨張率 ×10 ⁻⁶ (/℃)	ヤング率 (GPa)	他 結晶相
49	95	SnO ₂	5	—	1400	98	0.2	150	
50	99	GeO ₂	1	—	1400	95	0.3	130	
51	95	GeO ₂	5	—	1400	98	0.2	155	
52	92	GeO ₂	8	—	1400	99	0.4	140	
53	90	GeO ₂	5	Yb ₂ O ₃	1400	99	0.3	140	
54	90	GeO ₂	5	—	1400	99	0.4	170	

【0036】表1～4の結果から明らかなように、周期律表第2a、3bおよび4b族元素（但し、Mg、AlおよびSiを除く。）を全く添加しないもしくはその添加量が少ない試料No. 1、2、41はヤング率が低い。また、第2a、3bおよび4b族元素量が10重量%よりも多い試料No. 9、45、希土類酸化物量が20重量%よりも多い試料No. 14、窒化珪素量が30重量%よりも多い試料No. 27は、いずれも熱膨張率が $0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ を超えるものであった。また、焼成温度が1500℃よりも高い試料No. 21は溶解してしまい、焼成温度が1200℃よりも低い試料No. 17では、緻密化が不足した。

【0037】これらの比較例に対して、本発明に基づく試料は、いずれも熱膨張率が $0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下の低熱膨張特性を示し、さらには130GPa以上のヤング率を示した。これらの中でも窒化珪素、炭化珪素、酸窒化珪素を添加した試料No. 24～26、28～31、35、36、40、48、54は、ヤング率を160GPa以上に高めることができた。

【0038】また、周期律表第2aおよび3b族元素を含むシリケート結晶相、あるいはアルミニウムシリケート結晶相を析出させた試料No. 3～6、11、15～16、18～20、23、32、33、35、37、38では、いずれもヤング率を140GPa以上に高めることができ、これらを組み合わせた試料No. 35では、ヤング率を170GPa以上に高めることができた。

【0039】

【発明の効果】以上詳述したとおり、本発明の低熱膨張セラミックス構造部材は、コージェライトの優れた低熱膨張特性を維持しつつ、剛性、即ち、ヤング率を高めることができる。その結果、この低熱膨張セラミックス構造部材を高微細な回路を形成するためのウエハに露光処理を行うなどの半導体素子製造装置用部品、例えば、露光装置用ステージなどとして用いることにより、雰囲気温度変化に対しても寸法の変化がなく、優れた精度が得られるとともに、振動に伴う精度の低下をも防止することができ、半導体素子製造の品質と量産性を高めることができる。